



Pelletert storfegjødsel til fôrmais

NORSØK RAPPORT | VOL.5 | NR. 4 | 2020



| |
|-------------------------------------|
| TITTEL |
| Pelletert storfegjødsel til fôrmais |
| FORFATTERE |
| Julie Wiik og Martha Ebbesvik |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| DATO: | RAPORT VOL/NO/ÅR | PROSJEKT NO.: | |
| 15.03.2020 | 5/4/2020 | 3124 | |
| ISBN: | | ISSN: | ANTALL SIDER: |
| 978-82-8202-100-5 | | | 22 |
| OPPDRAUGSGIVER: | | KONTAKTPERSONER: | |
| Landbruksdirektoratet | | Julie Wiik julie.wiik@nlr.no , Martha Ebbesvik martha.ebbesvik@norsok.no | |
| STIKKORD: | | FAGOMRÅDE: | |
| Blautgjødsel, presisjonsgjødsling, fosforgjødsel, fôrmais, gjødselforedling | | Gjødsling, plantedyrking | |
| Slurry, precision fertilization, phosphorus fertilization, forage maize, manure processing | | INSERT FIELD OF WORK: | |
| | | Fertilization, crop production | |

SAMMENDRAG:

I Skien driver Knut Vasdal økologisk melkeproduksjon. Han har utviklet et pilotanlegg som foredler storfegjødsel til fire ulike produkter; en fiberrik del egnet for kompostering, biogass, en fosforrik pellets og et flytende konsentrat som inneholder nitrogen og kalium. Dette utvider anvendelsesområdet for husdyrgjødsel og gjør presisjonsgjødsling mulig. Den pelleterte storfegjødsel ble testet i et forsøk med fôrmais, som ofte har behov for fosforrik startgjødsel i tillegg til grunngjødsling. Når storfegjødsel tildeles i form av pellets, kan spredeutstyr beregnet for mineralgjødsel brukes, og det er enkelt å legge gjødsel i nærheten av det sådde frøet.

Forsøket ble gjennomført med maissorten «Reason» i Melsom i Vestfold i 2019. Fôrmaisene ble gjødslet med fire ulike gjødseltyper og ble balansert i forhold til fosforinnholdet slik at det ble tildelt like mye fosfor (P) fra hvert gjødselslag, bortsett fra at det ble tildelt to ulike mengder av den pelleterte gjødsel fra pilotanlegget. Avling ble registrert og samleprøver fra hver behandling ble sendt til kjemisk analyse. Tre ulike statistiske metoder ble brukt for å teste gjødseltypenes innvirkning på avlingsnivå og finne eventuelle forskjeller i avling mellom behandlingene.

Det var flere andre faktorer enn startgjødsling med P som bidro til variasjon i avlingsnivå. Ingen av de undersøkte gjødseltypene skilte seg tydelig ut i forhold til avlingsmengde. Startgjødsling med 1,3 kg P per dekar fra pelletert storfegjødsel gav ikke lavere avling enn tilsvarende gjødsling med YaraMila Mais og NP 12-23.

Flere forsøk med gjødselfraksjonene fra anlegget til Knut Vasdal bør gjennomføres i ulike plantekulturer for å konkludere sikrere i forhold virkning, presisjonsgjødsling og hvilke mengder som passer til ulike vekster. Forsøket har vist at med grunnngjødsling til fôrmais kan man selv i dårlige år oppnå gode avlinger.

SUMMARY:

Knut Vasdal runs organic milk production in Skien, Norway. He has developed a pilot plant that processes cattle manure into four different products; a fiber-rich portion suitable for composting, biogas, a phosphorus-rich pellets, and a liquid concentrate containing nitrogen and potassium. This extends the field of application of manure and precision fertilization becomes possible. The pelleted cattle manure was tested in an experiment with forage maize, which often needs starter fertilizers with phosphorus (P) in addition to basic fertilizers. When cattle manure is allocated in the form of pellets, spreading equipment intended for mineral fertilizers can be used, and it is easy to apply fertilizer nearby the sown seed.

The experiment was conducted with the variety "Reason" in Melsom in Vestfold in 2019. The maize was fertilized with four different fertilizers and was balanced in relation to P-content, except that two different amounts of pelleted manure from the pilot plant was used. Crops were recorded and samples from each treatment were sent for chemical analysis. Three different statistical methods were used to test the effect of the different fertilizers on the maize yield and find any differences in the yields between treatments.

There were several factors other than starter fertilization with P that contributed to the variation in yields. None of the fertilizer types examined differed when it came to crop yield. Starter fertilization with 13 kg P per hectare from pelleted cattle manure did not produce lower yields than similar amount of P from YaraMila Mais and NP 12-23.

Several experiments with the fertilizer fractions from the pilot plant should be carried out in different crops in order to conclude more certainly in relation to effect, precision fertilizing and what quantities are suitable for different crops. The experiment has shown that basic fertilization for fodder maize, even in bad years, can give good yields.

| | |
|--------|----------------------------|
| LAND: | Norge |
| FYLKE: | Vestfold / Møre og Romsdal |
| STED: | Stokke / Tingvoll |

| | |
|---------------------|-------------------------|
| GODKJENT | PROSJEKT LEDER |
| Turid Strøm | Julie Wiik |
| Daglig leder NORSØK | Prosjektleder NLR Viken |

Forord

Husdyrgjødsel er ikke like egnet til presisjonsgjødsling som for eksempel mineralgjødsel, anvendelsesområdet er derfor litt mer begrenset. Dette har økobonde Knut Vasdal i Skien gjort noe med. Han har utviklet et pilotanlegg som kan ta hånd om mengden blautgjødsel som kommer fra ei ku. Etter at blautgjødsel har gått gjennom pilotanlegget, blir det fire ulike produkt; en fiberrik andel som er egnet for kompostering, biogass, fosforrik pellets og et flytende konsentrat som inneholder nitrogen og kalium.

I prosjektet som beskrives i rapporten har Norsk landbruksrådgivning Viken (NLR Viken) hatt forsøk i fôrmais med den pelleterte blautgjødsel. Fôrmais har ofte behov for startgjødsling med fosfor i tillegg til grunn gjødsling. Derfor ble fôrmais valgt som forsøksvekst. Startgjødsel bør plasseres i nærheten av det sådde frøet.

Ansvarlig for gjennomføring av forsøket var Julie Wiik i NLR Viken. Martha Ebbesvik fra Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK) har gjort de statistiske analysene og bidratt med å skrive rapport. Samdriften Melsomkyra AS ved Bjørn Breivik i Melsomvik var feltvert, vi takker han for velvillighet, hjelp og praktisk tilrettelegging. Takk også til medarbeidere i NLR Viken som deltok på feltarbeid.

Prosjektet ble finansiert av midler fra Landbruksdirektoratet gjennom prosjektet «Opptapping av arbeid innen økologisk landbruk» der NLR og NORSØK samarbeider i nye prosjekter i etterkant av satsinga «Økologisk Foregangsfylke».

15.03.2020

Stokke

Julie Wiik

NLR Viken

Tingvoll

Martha Ebbesvik

NORSØK

Innhold

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 1 | Innledning..... | 6 |
| 1.1 | Pilotanlegget hos Knut Vasdal..... | 6 |
| 1.2 | Forsøksvekst: fôrmais | 8 |
| 2 | Gjennomføring og metode..... | 9 |
| 2.1 | Gjødseltyper | 9 |
| 2.2 | Feltkart og gjødsling | 9 |
| 2.3 | Plantevekst og avling | 11 |
| 2.4 | Statistiske analyser..... | 11 |
| 2.5 | Planteanalyser..... | 11 |
| 3 | Resultater | 12 |
| 3.1 | Visuelle observasjoner | 12 |
| 3.2 | Temperatur | 12 |
| 3.3 | Fôrmaisavling | 13 |
| 3.4 | Planteanalyser..... | 14 |
| 4 | Diskusjon | 17 |
| 4.1 | Pilotanlegget | 17 |
| 4.2 | Fosfortildeling og avling | 17 |
| 4.3 | Mineralinnhold i fôrmais..... | 18 |
| 5 | Konklusjon..... | 19 |
| 6 | Litteraturreferanser | 20 |

1 Innledning

Knut Vasdal i Skien driver økologisk melkeproduksjon og har siden 2007 jobbet med å finne nye metoder for å utnytte husdyrgjødsel og gi den et større anvendelsesområde enn hva den har i dag. Med det høye målet om «null avfall, null utslipp» har han utviklet et gjødselforedlingsanlegg der blautgjødsel raffineres til biogass, pelletert fosforgjødsel, inndampet flytende nitrogen- og kaliumgjødsel og kompost.

Knut Vasdal ønsket å få utført forsøk med den pelleterte fosforgjødsel. Han kontaktet Norsk Landbruksrådgivning Viken og foreslo forsøk i fôrmais siden den ofte har behov for ekstra fosfor (P) tidlig i vekstsesongen. Fosfor er svært lite bevegelig i jord og bør derfor plasseres i nærheten av det sådde frøet. Ved å bruke pelletert storfe-gjødsel, burde det være mulig å få dette til.

1.1 Pilotanlegget hos Knut Vasdal

Gjødselforedlingsanlegget er skalert til å ta hånd om mengden møkk og urin som kommer fra ei ku. Det som skjer med husdyrgjødsel i anlegget kan bidra til bedre utnytting av næringsstoffene i gjødsel og reduserte klimagassutslipp. Blautgjødsel som kommer inn i anlegget har 6 % tørrstoff (TS). I første del av prosessen separeres den faste og den flytende delen med en skrueseparator (Sundet 2014). Alle partikler som er større enn 1 mm separeres bort og havner i den faste delen som er velegnet til å kompostere. Den faste delen utgjør 20 % av opprinnelig masse (Serikstad 2018). Den flytende fraksjonen er råstoff for biogassproduksjon. Siden de store partiklene er fjernet kan man bruke en biogassreaktor med fire til syv døgn oppholdstid i motsetning til 20-30 døgn som er mer vanlig. Dette reduserer volumet og dermed også kostnadene til reaktoren. Etter en del testing, er oppholdstiden i biogassreaktoren syv døgn og temperaturen i massen 35° C.



Bilde 1. Knut Vasdal orienterer om gjødselforedlingsanlegget sitt. Foto: Martha Ebbesvik, NORSØK

Den flytende fraksjonen inneholder mange små partikler, 70 % er under 10 µm (0,01 mm) og mye av dette er på nanometer-størrelse (0,001 µm). Denne fraksjonen ledes inn i en reaktor der det skjer en anaerob nedbryting og det blir produsert metan (CH₄). Etter den anaerobe nedbrytinga blir den

flytende fraksjonen pumpet inn i en nitrifiseringsreaktor hvor en aerob prosess overtar og temperaturen reduseres til 28° C. Da går nitrosomonasbakterier løs på ammonium (NH_4^+) og gjør det om til nitritt (NO_2^-). Så overtar nitrobacterbakterier og omdanner nitritt til nitrat (NO_3^-), da har de flyktige nitrogenforbindelsene blitt stabile og væsken luktfri. Den flytende gjødsel som kommer fra nitrifiseringsreaktoren filtreres videre i to fraksjoner. Væskefraksjonen inneholder 2 % TS. Den blir dampet inn til et TS-innhold på 22 % (NRK P1 2020), og blir dermed en konsentrert flytende gjødsel som inneholder nitrogen (N) og kalium (K), i tillegg inneholder den også litt silisium (Si). Inndampingen skjer ved bruk av både under- og overtrykk.

Den andre fraksjonen er en leirholdig masse (Serikstad 2018) som inneholder finpartikulært P, og som via pelletering og nedtørking ender opp som en tørr (85 % TS), P-holdig gjødsel som er velegnet til å spre ut med alle typer kunstgjødselspredere. Den pelleterte gjødsel inneholder fremdeles organisk materiale, men lite N og det nitrogenet som er tilstede er tungt tilgjengelig for plantene.



Bilde 2. Denne brune, leiraktige massen er utgangspunkt for pelleteringsprosessen. Foto: Ole Engen



Bilde 3. Til venstre pelletert storfegjødsel, til høyre den tørre fraksjonen etter separering i skrueseparator. Foto: Ole Engen

1.2 Forsøksvekst: fôrmais

Mais er en varmekjær vekst som kan dyrkes i de beste jordbruksområdene her i landet. Mais bør ikke sås før jordtemperaturen har passert 8 grader, og helst skal det være opp mot 10 grader, med gode værutsikter (Wiik 2018). Dette for å få rask spiring og god etablering. Når vekstsesongen er lang nok og døgngradene høye nok, kan mais gi store avlinger og et godt, smakelig og næringsrikt fôr som kan øke grovfôropptaket hos melkekyr. Fôret kan ha energiinnhold opp mot 7 MJ/kg TS (1 FEm/kg TS). Blir derimot vekstsesongen for kort, slik at kolbene ikke får tid til å utvikle seg tilstrekkelig, kan energiinnholdet komme helt ned i 5,25 MJ/kg TS (0,75 FEm/kg TS) (Brenne 2017). Proteininnholdet er lavt, så fôrmais er ingen «proteinvekst».

For å finne ut om døgngradene for maisdyrking er høye nok beregnes maisvarmeeenheter (MVE). MVE regnes ut etter formelen for Ontario Heat Units. Maksimum lufttemperatur må være større enn 10 grader og minimumstemperatur større enn 4,4 grader. Fra såing til midten av oktober skal det normalt være minst 2400 MVE for at fôrmais skal bli moden (Wiik 2018). Årsaken til at lufttemperatur under 10 grader på dagtid ikke regnes med, er fordi maisens utvikling stopper opp når temperaturen blir så lav.

Formel for beregning av MVE:

$$MVE = (Y_{max} + Y_{min})/2$$

$$Y_{max} = 3,33 \cdot (T_{max} - 10) - 0,084 \cdot (T_{max} - 10)^2$$

$$Y_{min} = 1,8 \cdot (T_{min} - 4,4)$$

T_{max} = døgnets maksimumstemperatur i 2 m høyde

T_{min} = døgnets minimumstemperatur i 2 m høyde

Hentet fra Kristiansen og Lunnan (2005).

Ved høsting er maisplanten egentlig en blanding av grovfôr og kraftfôr. Stengler og blad (grovfôrdelen) taper seg i næringsverdi utover i sesongen på samme måte som for gras, dvs. at fiberinnholdet øker og energiinnholdet avtar. Næringsverdien er derfor lavest på det tidspunktet kolbene begynner å utvikles, og er da lavere enn i godt grassurfôr. Når maiskornene begynner å fylles med stivelse stiger næringsverdien i kolbene mer enn næringsverdien i resten av plantene avtar. Det er når maisplantene inneholder rundt 20 % TS at det begynner å bli stivelse i kolbene.

Anbefalt tørrstoffprosent i maisen ved høsting avhenger av hvordan surfôret skal brukes. Det vanlige under norske forhold er å bruke det sammen med grassurfôr, og da anbefales TS-innhold over 30 % (Brenne 2017). I Danmark anbefales at fôrmais har et TS-innhold 33-34 % hvis gras utgjør mer enn en tredjedel av fôrrasjonen, og 30-31 % TS hvis gras utgjør mindre enn en tredjedel av fôrrasjonen (Seges 2018). Blir tørrstoffinnholdet for høyt, går næringsverdien nedover igjen, massen blir vanskeligere å pakke og det blir lettere muggdannelse. Det er ikke alle år en kan forvente å høste fôrmais på ønsket tørrstoff i vårt klima, det kan derfor være aktuelt å tilsette roesnitter, kornavrens eller lignende ved ensilering for å suge opp pressaft.

Mais har ofte behov for tilførsel av startgjødsling selv om det tilføres tilstrekkelige mengder fosfor i husdyrgjødsel. Hvor mye fosfor som bør tilføres gjennom startgjødslingen avhenger av jordtype og fosforinnhold i jorda. Seges (2018) i Danmark anbefaler fra 0-1,5 kg fosfor per dekar plassert i nærheten av frøet.

2 Gjennomføring og metode

Utrøvingen ble gjort hos Melsomkyra AS i Melsomvik. Forsøksfeltet var plassert på et skifte der det ble dyrket mais. Jordarten var siltig mellomsand, og forsøksfeltet lå i et svakt hellende terreng. Det ble gjødslet med 4 tonn biogjødsel per dekar fra Greve Biogass på hele skiftet og forsøksfeltet om våren. Året før ble det dyrket rosenkål på skiftet.

Jordprøver tatt før såing (dvs. etter at bonden har tilført biogjødsel om våren) viste P-AL på 14 og pH på 5,4. Jordanalyser som var grunnlag for gjødslingsplanen til gårdbrukeren viste P-AL på 10 og pH på 5,8.

Fôrmaisen ble sådd 30.april. Etter såing ble det kaldt og mye regn. Maisen spirte etter 10-14 dager, og ble høstet 7.oktober.

Det ble blindharvet en gang før såing og radrenset for hånd to ganger i løpet av vekstperioden. På grunn av en veldig krevende sesong for radrensing ble feltet også ugrassprøytet en gang samtidig med resten av jorden.

2.1 Gjødseltyper

Mais har ofte behov for startgjødsling med P i tillegg til eventuell husdyrgjødsel. I forsøket ble det i tillegg til grunnlødslingen gjødslet med ulike gjødseltyper for å sikre at det var nok P tilgjengelig for maisen. Biogjødsel fra Greve Biogass inneholder omtrent 8 % nitrogen (N) og 1,5 % fosfor. I tillegg til pelletsfraksjonen fra pilotanlegget hos Knut Vassdal (KV) var det med tre andre gjødseltyper. Gjødselslagene ble balansert i forhold til fosforinnholdet slik at det ble tildelt like mye P fra hvert gjødselslag, bortsett fra at det ble tildelt to ulike mengder av den pelleterte KV-gjødsel. Det ble tildelt 1,3 kg P fra alle gjødselslagene unntatt i rutene som fikk 2 kg P fra KV-gjødsel.

Gjødselslagene som ble brukt i forsøket var:

- YaraMila Mais (NP 19-18). Inneholder 19 % N og 18 % P.
- NP MAP 12-23-0. Inneholder 12 % N, 23 % P og ikke noe kalium (K).
- Grønn 8K 8-3-5. Inneholder 8 % N, 3 % P og 5 % K
- KV-gjødsel. Inneholder 4 % N, 1 % P og 3 % K

2.2 Feltkart og gjødsling

Maisorten «Reason» fra Limagrain ble sådd med en radavstand på 75 cm og planteavstand 17 cm. Forsøksfeltet var 6 m x 25 m (150 m²). Hver rute inneholdt to rader og var 2 m bred og 4 m lang. Gjødseltypene ble tildelt for hånd i såradene.

Forsøksfeltet besto av tre gjentak med 6 ruter i hvert gjentak (blokk). I tillegg til de fire gjødseltypene, var det også en rute uten startgjødsling i hvert gjentak. Rutene ble tilfeldig fordelt i gjentak 2 og 3.

Tabell 1. Feltkart med ruter, gjentak og behandlinger.

| Gjentak 1 | Gjentak 2 | Gjentak 3 |
|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Rute 101, ledd 1 Yara Mila Mais | Rute 201, ledd 3 KV 2 kg P | Rute 301, ledd 2 Grønn 8K |
| Rute 102, ledd 2 Grønn 8K | Rute 202, ledd 1 Yara Mila Mais | Rute 302, ledd 6 ingen startgjødsel |
| Rute 103, ledd 3 KV 2 kg P | Rute 203, ledd 5 KV 1,3 kg P | Rute 303, ledd 1 Yara Mila Mais |
| Rute 104, ledd 4 NP 12-23 | Rute 204, ledd 2 Grønn 8K | Rute 304, ledd 5 KV 1,3 kg P |
| Rute 105, ledd 5 KV 1,3 kg P | Rute 205, ledd 6 ingen startgjødsel | Rute 305, ledd 4 NP 12-23 |
| Rute 106, ledd 6 ingen startgjødsel | Rute 206, ledd 4 NP 12-23 | Rute 306, ledd 3 KV 2 kg P |

Gjentak 1 ble mest påvirket av kjøring utenfor feltet.



Bilde 3 og 4. Fra forsøksfeltet; plassering av gjødsel og såing. Foto: Julie Wiik, NLR Viken

2.3 Plantevekst og avling

Planteveksten i forsøksfeltet ble bedømt visuelt i løpet av vekstsesongen. Avlingsmengden på hver rute ble målt ved høsting.



Bilde 5 og 6. Venstre: fra arealet ved forsøksfeltet 24. mai. Høyre: fra forsøksfeltet 8. juli, bildet er tatt fra rute 306. Foto: Julie Wiik, NLR Viken

2.4 Statistiske analyser

For å finne ut om de ulike gjødseltypene hadde innvirkning på avlingsnivå, brukte vi GLM (General Linear Model) ved hjelp av statistikkprogrammet «Minitab versjon 19» med kg TS/daa som respons og behandling som forklaringsvariabel. Vi brukte GLM fordi vi anser gjentakene (blokkene) som ikke-tilfeldige faktorer siden disse var lagt i rekkefølge i radene.

For å finne ut om det var forskjeller i gjennomsnittlig avlingsnivå mellom de ulike gjødseltypene kjørte vi både Fisher Pairwise Comparisons og Tukey Pairwise Comparisons i statistikkprogrammet «Minitab versjon 19». Tukey-metoden er strengere enn Fisher-metoden.

Det ble også gjort statistiske analyser uten gjentak 1 for å sjekke om påvirkning fra kantene hadde hatt effekt.

2.5 Planteanalyser

Maisplanter fra hver behandling ble analysert. Først ble plantene kjørt gjennom en kompostkvern til en fin masse som deretter ble tørket. Fra den tørka massen ble det tatt ut en representativ prøve som ble sendt til kjemisk analyse hos Ofotlab for å finne innholdet av energi, stivelse og ulike mineraler. Det ble tatt en samleprøve fra hver behandling fra gjentak 1, 2 og 3 slik at i alt seks prøver ble analysert. Det var derfor ikke mulig å gjøre statistiske analyser av resultatet fra planteanalysene for å finne ut om det var sikre forskjeller på innholdet i maisplantene i forhold til gjødseltypene som ble brukt.

3 Resultater

3.1 Visuelle observasjoner

Rett etter spiring var det små forskjeller på plantene mellom de ulike behandlingene. På grunn av det kalde været tok det opp mot 14 dager før plantene begynte å stikke opp av jorda, og alle plantene sleit generelt i den kalde, våte jorda. I løpet av juni og begynnelsen av juli ble det observert fôrmaisplanter som viste tegn til P-mangel og hadde redusert vekst. Dette var mest fremtredende i forsøksleddene uten mineralgjødning sammenlignet med plantene som hadde fått mineralgjødning. Det ble også observert noe variasjon innad i flere ruter, også der det var tilført NP-gjødning i form av mineralgjødning. Når maisen får for lite P, reduseres veksten og bladkantene får lilla farge. Flest planter hadde lilla farge der det var gjødslet med Grønn 8K og pelletert storfegjødsel fra Knut Vassdal. Det ble også observert svekka planter med tegn til P-mangel på maisen som ble dyrket på området utenfor forsøksfeltet og på andre arealer. Utover i vekstsesongen jevnet dette seg ut. Kolbene fra tre maisplanter fra de forskjellige behandlingene ble studert og tatt bilde av etter høsting.



Bilde 8. Maisplanter i høyre rekke rute 306, KV 2 kg P. Kolber fra rute 203, KV 1,3 kg P. Foto: Julie Wiik, NLR Viken

3.2 Temperatur

På den nærmeste landbruksmeteorologiske værstasjonen som er lokalisert på Tjølling i Vestfold passerte jordtemperaturen 10 grader den 28/4 som var to dager før fôrmais ble sådd. Deretter

fulgte en kald periode med mye nedbør som førte til at jordtemperaturen var nede i 6,4 grader 8/5. Jordtemperaturen passerte 10 grader igjen 16/5.

Tabell 2. Maisvarmeeenheter (MVE) beregnet fra temperaturdata fra Melsom målestasjon i Vestfold i vekstsesongen 2017, 2018 og 2019.

| | Maisvarmeeenheter (MVE) i Melsom, Vestfold | | |
|-------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | 2017 | 2018 | 2019 |
| Mai (fra sådato) | 314 | 468 | 270 |
| Juni | 526 | 625 | 530 |
| Juli | 631 | 792 | 659 |
| August | 564 | 612 | 637 |
| September | 384 | 92 (til høstedata) | 351 |
| Oktober | 67 (til høstedata) | | 5 (til høstedata) |
| Sum MVE | 2 488 | 2 588 | 2 452 |

Sum maisvarmeeenheter i vekstsesongen 2019 var 2 452 MVE fra sådato til høstedata. Det var spesielt mai måned som bidro til lave verdier for MVE i forhold til de to foregående årene.

3.3 Fôrmaisavling

Den statistiske modellen med avlingsnivå som respons og gjødseltyper som forklaringsvariabler var signifikant på 10 %-nivå ($p=0,058$) og forklarte 36,5 % av variasjonen i avlingsnivå. Dette resultatet forteller også at det er 67,5 % av variasjonene i avlingsnivå som ikke forklares av gjødseltypene, så det er flere årsaker til variasjonen i avlingsnivå enn det vi har undersøkt. I tillegg hadde det vært et sikrere resultat hvis modellen hadde vært signifikant på 5 % nivå ($p<0,05$). Tilførsel av Yara Mila Mais ($p=0,041$) og NP 12-23 ($p=0,041$) hadde begge positiv innvirkning på avlingsnivået. De andre gjødselslagene viste ikke signifikant påvirkning på avlingsnivå.

Vi fant forskjeller mellom de ulike gjødseltypene på gjennomsnittlig avlingsnivå når vi brukte Fisher LSD metode med 95% konfidensintervall, se tabell 2.

Tabell 2. Forskjeller i gjennomsnittlig fôrmaisavling mellom ulike fosforgjødseltyper. Gruppering ved hjelp av Fisher statistiske metode. Resultater fra tre gjentak (N).

| Behandling | N | Snittavling | | Gruppering* |
|-------------------|----------|--------------------|---|--------------------|
| | | kg TS/daa | | |
| 1, Yara Mila Mais | 3 | 1152,5 | A | |
| 4, NP 12-23 | 3 | 1142,1 | A | |
| 5, KV 1,3 kg P | 3 | 1038,6 | A | B |
| 3, KV 2 kg P | 3 | 937,1 | | B |
| 2, Grønn 8 K | 3 | 936,1 | | B |
| 6, Ugjødslet | 3 | 894,4 | | B |

*Gjennomsnitt som ikke har felles bokstav er signifikant forskjellig.

Resultatet fra Fisher-metoden viser at med tilførsel av Yara Mila Mais og NP 12-23 ble gjennomsnittlig maisavling høyere enn ved tilførsel av 2 kg P fra KV-gjødsel, Grønn 8K og det ugjødslede leddet. Avlingsnivåene var ikke forskjellige om det ble gjødslet med Yara Mila Mais, NP 12-23 eller 1,3 kg P fra KV. Gjødsling med KV 1,3 kg P gav heller ikke forskjellig avlingsnivå i forhold til KV 2 kg P, Grønn 8K eller ingen gjødsling.

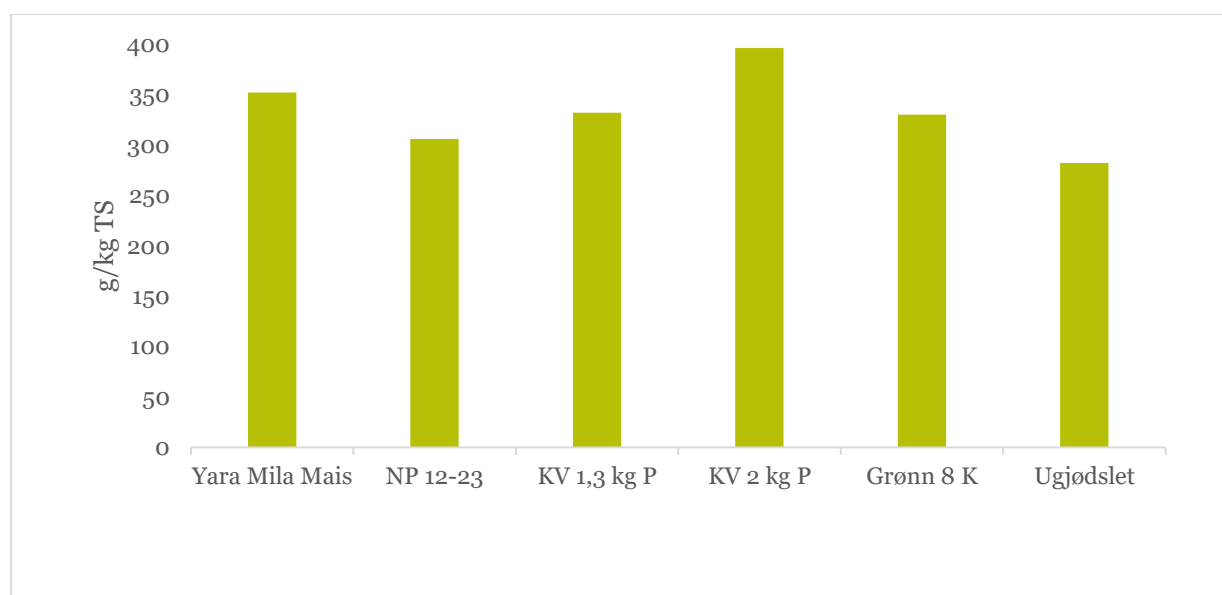
Ved bruk av Tukey statistiske metode fant vi ingen forskjeller mellom gjødseltypene med hensyn på gjennomsnittlig avlingsnivå. Tukey-metoden er litt strengere enn Fisher-metoden. Dette tyder på at vi ikke kan trekke bombastiske konklusjoner og hevde helt sikkert at gjødseltypene Yara Mila Mais, NP 12-23 skiller seg fra de andre gjødseltypene eller fra det ugjødslede leddet,

Siden det var mistanke om at gjentak 1 kunne ha blitt påvirket av kjøring i kanten av feltet, ble de statistiske analysene også gjennomført uten dette gjentaket. Gjennomsnittsavlingene var litt høyere når gjentak 1 ikke var med, ellers ble det ingen endring i resultatene. Vi har presentert resultater der alle tre gjentakene er med.

3.4 Planteanalyser

Fôrmaisplantene ble blant annet analysert for innhold av tørrstoff, stivelse, energi og mineraler.

Stivelse er karbohydrat som dannes i planter ved fotosyntese og avleires som opplagsnæring. Stivelse er bygd opp av glukosemolekyler som er lenket sammen i lange kjeder. Det er et viktig næringsstoff for dyr og mennesker (Bernatek 2019).



Figur 1. Innhold av stivelse i fôrmais gjødslet med ulike gjødseltyper, g per kg tørrstoff.

Tørrstoffet i plantene består av både organisk og uorganisk materiale (aske). Den fordøyelige delen av det organiske materialet, OMD, er det dyret kan nyttiggjøre seg som energikilde (Eurofins 2018).

Analyseresultatene viser også nettoenergi laktasjon ved 20 kg tørrstoff i rasjonen til mjølkeku (NEL 20 kg). Det vil si et estimat av utnyttelsen av energi til laktasjonen. Dette er energiverdi som beregnes og brukes i NorFor sin vurdering av fôr til drøvtyggere. NorFor sine beregninger tar hensyn

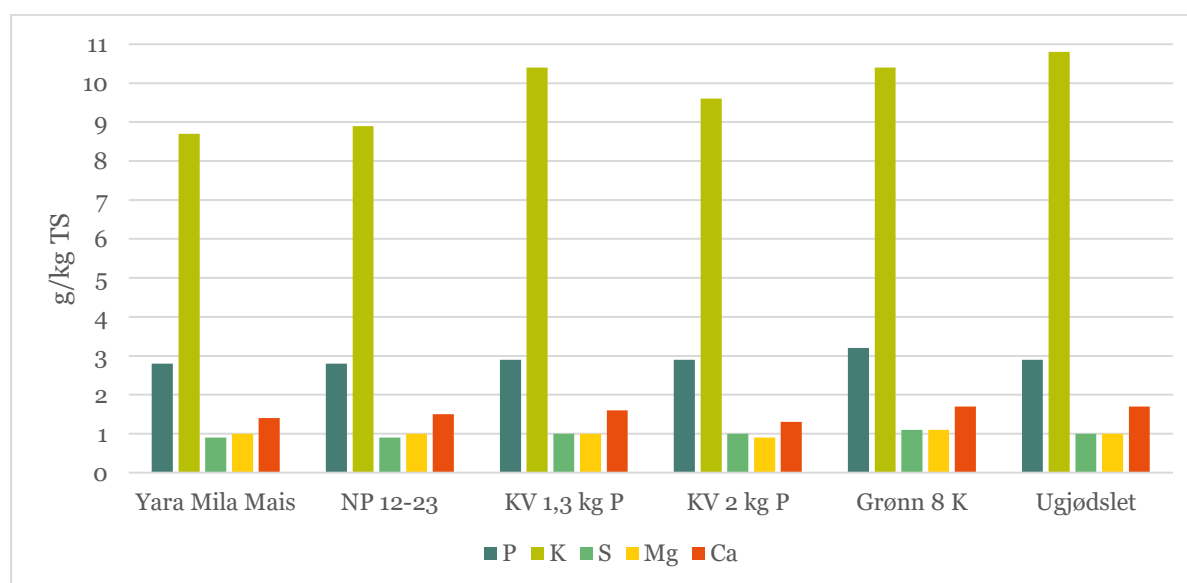
til samspillet mellom dyret, fôrets sammensetning, fôrrasjonens sammensetning og fôrtrasjonens størrelse og struktur samt fôrets fyllverdi (Eurofins, 2018). I tabell 3 er energien også oppgitt som fôrenheter mjølk per kilo tørrstoff (FEm/kg TS). FEm er den «gamle» måleenheten for nettoenergi i fôr til drøvtyggere. Den er beregnet ut fra utnyttelsen av energi til produksjon av mjølk. FEm blir påvirket av OMD og aske. 1 FEm tilsvarer omtrent 7 MJ.

Tabell 3. Innhold av tørrstoff (TS %), fordøyelig organisk materiale (OMD %) og energi i form av nettoenergi laktasjon ved 20 kg TS i rasjonen (NEL 20 kg) og fôrenheter mjølk per kilo tørrstoff (FEm/kg TS) i fôrmais gjødslet med ulike fosforgjødselstyper.

| Gjødselstyper | Innhold i fôrmais | | | |
|----------------|-------------------|--------|--------------------|-----------|
| | TS % | OMD, % | NEL 20kg, MJ/kg TS | FEm/kg TS |
| Yara Mila Mais | 36,8 | 73,9 | 5,97 | 0,84 |
| NP 12-23 | 28,6 | 73,2 | 6,00 | 0,85 |
| KV 1,3 kg P | 31,6 | 74,9 | 6,14 | 0,87 |
| KV 2 kg P | 39,3 | 74,5 | 6,02 | 0,85 |
| Grønn 8 K | 32,3 | 76,0 | 5,85 | 0,83 |
| Ugjødslet | 28,9 | 71,5 | 5,77 | 0,82 |

Det var ikke mulig å bruke statistiske analyser for å finne om det var sikre forskjeller på innholdet av TS, energi eller stivelse i forhold til hvilken P-gjødselstype som hadde vært brukt. Tabell 3 viser at TS- og energiinnholdet i fôrmaisplantene var omtrent på samme nivå ved de ulike behandlingene. Det samme gjelder for innholdet av mineraler.

Innholdet av P, K, S, Mg og Ca i fôrmais var omtrent på samme nivå uavhengig av gjødselstyper, se figur 2.



Figur 2. Innhold av fosfor (P), kalium (K), svovel (S), magnesium (Mg) og kalsium (Ca) i fôrmais gjødslet med ulike gjødselstyper, g per kg tørrstoff.

Optimalt P-innhold i maisplantene i forhold til god plantevekst er 0,35 % (Kvam-Andersen 2017). Med hensyn til drøvtyggenes behov er det ønskelig med innhold fra 3,0 til 4,5 g/kg TS (OfotLab 2019). Det er bare planter fra rutene som er gjødslet med Grønn 8K som så vidt kan sies å inneholde nok P. Planter fra de andre rutene har alle P-innhold under 3,0 g/kg TS.

Innholdet i maisplantene av både K, S, Mg og Ca var lavere enn det som regnes som optimalt i grovfôr til drøvtyggere. I følge Ofotlab (2019) burde K-innholdet være 25-35 g/kg TS, S-innholdet 2,0-4,0, Mg-innholdet 2,0-3,5 og Ca-innholdet 4,5-6,5 g/kg TS. Ingen av samleprøvene som er analysert fra rutene i forsøksfeltet tilfredsstiller disse kravene.

Tabell 4. Innhold av mangan (Mn), molybden (Mo), jern (Fe), kobber (Cu) og sink (Zn) i fôrmais gjødslet med ulike gjødseltyper sammenlignet med optimale nivåer (opt.) i grovfôr til drøvtyggere, mg per kg tørrstoff.

| | Mn opt. | | Mo opt. | | Fe opt. | | Cu opt. | | Zn opt | |
|----------------------|---------|----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|---------|--------|---------|
| YaraMila Mais | 51 | 40 – 125 | 0,4 | 1,0 – 2,5 | 72 | 100 - 500 | 5 | 12 - 15 | 39 | 25 - 50 |
| NP 12-23 | 54 | | 0,2 | | 84 | | 6 | | 38 | |
| KV 1,3 kg P | 53 | | 0,6 | | 95 | | 6 | | 36 | |
| KV 2 kg P | 53 | | 0,4 | | 81 | | 6 | | 36 | |
| Grønn 8K | 64 | | 0,6 | | 104 | | 6 | | 41 | |
| Ugjødslet | 61 | | 0,4 | | 67 | | 6 | | 37 | |

For mikromineralene er innholdet av Mn og Zn innenfor de optimale verdiene i alle planteprøvene. Rutene som har fått tilførsel av Grønn 8K inneholder nok Fe, mens de andre har Fe-innhold som er lavere enn det som regnes som optimalt. Alle prøvene inneholder for lite Mo og Cu i forhold til det som er optimalt for maisplanter.

4 Diskusjon

4.1 Pilotanlegget

Foredling av kumøkk slik det gjøres hos Knut Vasdal kan gi mulighet til å skreddersy gjødselløsninger til ulike kulturer samtidig som klimagassutslippene reduseres. Den fosforholdige, pelleterte fraksjonen av husdyrgjødsel kan spres på samme måte som kunstgjødsel. Ved å tilføre husdyrgjødsel i form av pellets, kan man i større grad gjødsle mer presist enn ved vanlig spredning av blautgjødsel. Pilotanlegget gir også en flytende gjødsel som inneholder N og K, biogass og en fiberrik fraksjon som egner seg for kompostering. På denne måten blir blautgjødsel mer anvendelig enn den var i utgangspunktet. Den flytende fraksjonen, der N og K er oppkonsentrert, kan være egnet til bladgjødsling til næringskrevende grønnsakskulturer.

Blautgjødsel på garden til Knut Vasdal er økologisk siden garden drives økologisk. Forutsatt at det ikke tilsettes eller brukes noen stoffer i prosessen med å lage pellets som er ulovlig i økologisk landbruk, gir anlegget også muligheter for presisjonsgjødsling i økologiske kulturer. Hvis man som økobonde kun har husdyrgjødsel tilgjengelig, er det ikke så lett å drive med presisjonsgjødsling. Pelletert storfegjødsel som produseres i slike anlegg som Knut Vasdal har utviklet, kan gjøre dette mulig. Den fiberrike delen kan bli god kompost og i tillegg kan den flytende delen som inneholder N og K være egnet til å øke den økologiske dyrkingen av grønnsaker, frukt og bær.

4.2 Fosfortildeling og avling

På forsøksfeltet ble det i tillegg til grunngjødsling gitt like store mengder fosfor, tilsvarende 1,3 kg P/daa, i alle behandlingene utenom på rutene som fikk 2 kg P fra KV-gjødsel og 0-rutene. Mengden P som ble tilført var i samsvar med danske anbefalinger.

Resultatene viser at gjødseltypene som er brukt i forsøket bare forklarer noe av variasjonen (36,5 %) i tørrstoffavling på de ulike rutene. Det er med andre ord flere andre faktorer som påvirker tørrstoffavlingen enn de ulike gjødseltypene. Sikkerheten i modellen er bare på 10 % nivå, som tilsier at gjødseltypene bare gir en tendens til å forklare variasjonen i tørrstoffavling.

Avlingsnivåene som er oppnådd i forsøket var litt lavere enn det som Wiik (2019) viser til som gjennomsnitt fra forsøksfelt, 1 312 kg TS/daa, med ulike maissorter i perioden 2005-2018 i Vestfold. I 2007 og 2015 var det mye nedbør i vekstsesongen og da var gjennomsnittsavlingen under 1 000 kg TS/daa. Vekstsesongen 2019 var også preget av mye nedbør, spesielt etter såing og i ønsket tidsrom for høsting. Avlingsnivåene i forsøket varierte fra ca. 940 til 1 150 kg TS/daa. Mye nedbør kan virke negativt inn på avlingsmengden. Tørrstoffinnholdet stiger mer i varme perioder med tørke enn i våte og kalde perioder (Wiik 2019). Maisvarmegrader er viktig for avlingsnivå. MVE kom over det som regnes som normalt i vekstsesongen, men var lav i mai måned.

Nitrogen og kalium er viktig for plantevekst. Gjødseltypene som er brukt i forsøket inneholder også nitrogen og kalium i tillegg til fosfor. YaraMila Mais, NP 12-23 og Grønn 8K inneholder henholdsvis 19 %, 12 % og 8 % nitrogen. Pelletsfraksjonene fra Knut Vassdal hadde lavest innhold av nitrogen med ca. 4 %. Rutene som har blitt gjødslet med YaraMila Mais har fått betraktelig høyere nitrogentilførsel enn de andre rutene. Rutene som ble gjødslet med pelletert storfegjødsel (KV) fikk lavest tilførsel av

nitrogen. Det at rutene som har blitt gjødslet med YaraMila Mais og NP 12-23 hadde sikker innvirkning på avlingsnivået, kan skyldes at disse rutene har fått tildelt mer N og K enn de andre rutene.

Ved bruk av Fisher-metode var det forskjeller mellom de ulike gjødselslagene og gjennomsnittlig avlingsnivå. Denne tendensen forsvant når vi anvendte en strengere metode (Tukey), noe som indikerer at tildeling av de ulike startgjødseltypene ikke har gitt høyere avling enn det grunnkjødsla gjorde. Resultatene våre er usikre. For å eliminere spesielle årsvariasjoner og for å kunne trekke sikre konklusjoner om virkning av de ulike gjødseltypene, burde forsøket vært gjentatt og gjennomført i minst tre år. Ett år med forsøk er for svakt som grunnlag for å kunne konkludere sikkert.

4.3 Mineralinnhold i fôrmaisen

Mineralinnholdet i planter varierer med mineralinnholdet i jordsmonnet, pH i jorda, klima, gjødsling, planteart og plantens utviklingstrinn. Om mangelsymptomer synes først på de eldste eller yngste bladene eller i plantenes vekstpunkter avhenger av næringsstoffenes mobilitet i planta.

Lavt P-innhold i maisplantene ble bekreftet av synlige tegn med lillafargede blad, spesielt i starten av vekstsesongen. Dette samsvarer med det lave P-innholdet som ble funnet i maisplantene fra alle gjødseltypene bortsett fra Grønn 8K. Gjødseltypene ble bare testet i ett år, og det også i et år med vanskelige vekstvilkår. Våren var kald med mye nedbør, men i slutten av juni og begynnelsen av juli var det flere varme dager og maisen vokste bra i denne perioden.

Lav jordtemperatur reduserer P-tilgjengeligheten og dette kan være en av årsakene til at det ble observert P-mangel på fôrmaisen etter spiring. Økning i temperaturen utover sommeren førte sannsynligvis til frigjøring av P og er en av årsakene til at P-mangel ikke var synlig utover i sesongen selv om planteanalysene viste for lavt innhold. Jordanalyser fra arealet viser P-AL verdier over 10, noe som betraktes som høyt. Innholdet av P i de ulike gjødseltypene burde ikke påvirke dette siden det ble gitt like mye P fra hvert gjødselslag. Hvorfor plantene fra rutene som var gjødslet med Grønn 8K ikke hadde lavt innhold av P, er vanskelig å forklare på bakgrunn av de undersøkelsene vi har gjort.

I forsøksfeltet var pH i jorda 5,4 etter grunnkjødslinga. I mineraljord blir fosfor sterkt bundet til jern- og aluminiumsforbindelser ved pH 5,5 eller lavere (Aasen 1986). Blir pH høy, bindes P til kalsium, noe som også kan hindre opptak av P i plantene. P er lettest tilgjengelig i området rundt pH 6.

Av mikromineralene var det bare Mn som var innenfor de optimale verdiene i alle planteanalysene, uavhengig av hvilken P-gjødsel de hadde fått.

Cu-innholdet i maisplantene var lavere enn anbefalt. Cu-mangel fører til at de yngste bladene blir lysegrønne og gulner, stengelen blir myk og slapp og maiskornene blir deformerte. Cu-mangel fører til avlingstap (Kvam-Andersen 2017).

Selv om planteanalysene viste for lavt innhold av K, S, Mg, Mo og Cu ble det ikke observert symptom i løpet av vekstsesongen som indikerte mangel på disse mineralene. Observatørene hadde fokus på å oppdage eventuelle symptomer på P-mangel. Hvis det var andre mangelsymptomer i forsøksfeltet, er det ikke sikkert disse ble oppdaget.

5 Konklusjon

Gjødslingsforedlingsanlegget som bonde Knut Vasdal i Skien har utviklet gir muligheter for å foredle blautgjødsla til fire produkter. Dette øker anvendelsesområdet til husdyrgjødsla, gir muligheter for presisjonsgjødsling og reduserer klimagassutslippene. Foreløpig er anlegget bare skalert for å ta seg av gjødselmengden fra ei melkeku. For at det skal bli nyttig i større målestokk, må anlegget oppskaleres, men da er det behov for en industripartner med vilje og ressurser til å ta ansvar for dette.

Produktet som er undersøkt i dette prosjektet er den pelleterte P-holdige fraksjonen. Denne ble sammenlignet med fire andre gjødselslag i fôrmais. Det var ingen sikre utslag i forhold til tørrstoffavling. Tilførsel av Yara Mila Mais og NP 12-23, hadde begge en tendens til positiv innvirkning på avlingsnivået. Dette kan skyldes at rutene som ble gjødslet med disse gjødseltypene også fikk mer N og K enn de andre rutene. Dessuten var det 67,5 % av variasjonene i avling som skyldtes andre faktorer enn gjødselalgene som ble undersøkt.

Når gjødseltypene ble testet i forhold til hverandre med statistiske metoder, gav den strengeste metoden ingen forskjell mellom gjødseltypene når det gjaldt tørrstoffavling. En litt mindre streng metode viste at avlingsnivåene ikke var forskjellige om det ble gjødslet med Yara Mila Mais, NP 12-23 eller KV 1,3 kg P. Men gjødsling med KV 1,3 kg P førte heller ikke til ulik avling i forhold til å bruke KV 2 kg P, Grønn 8K eller ingen gjødsling.

Siden metodene gir ulike svar, er det ikke grunnlag for å trekke bombastiske konklusjoner og hevde at noen av gjødseltypene er bedre enn andre med tanke på oppnådd avling. Startgjødsling med 1,3 kg P per dekar fra YaraMila Mais og NP 12-23 gav ikke høyere avling enn tilsvarende gjødsling med pelletert storfegjødsel fra pilotanlegget til Knut Vasdal.

For å få sikrere resultater både når det gjelder avling, innhold av stivelse, energi og mineraler og å redusere innvirkningen av årsvariasjoner, burde forsøket vært gjennomført i flere enn ett år. Kjemisk analyse og mineralanalyse burde vært tatt fra hver rute i forsøket. Man burde også etterstrebe tildeling av like mengder N og K, men dette er vanskelig når ulike gjødselslag skal sammenlignes og det er P-tildelingen som er i fokus.

Det var ikke et mål å sammenligne konvensjonell og økologisk fôrmaisdyrking. Forsøket har vist at med grunngjødsling til fôrmais kan man selv i dårlige år oppnå gode avlinger. Det er derfor nærliggende å anta at dette også gjelder for økologisk dyrking hvis det tilføres tilsvarende mengde økologisk grunngjødsling som i forsøket. Både i konvensjonell og økologisk drift er det behov for å utnytte næringsstoffene i husdyrgjødsla så godt som mulig og å være klimasmart. Flere utprøvinger og forsøk med den pelleterte og den flytende fraksjonen fra pilotanlegget til Knut Vasdal bør gjennomføres i ulike plantekulturer. Da kan det være grunnlag for å konkludere sikrere i forhold virkning, om gjødselslagene er egnet til presisjonsgjødsling og hvilke mengder som passer til ulike vekster.

6 Litteraturreferanser

Aasen, I., 1986. Mangelsjukdommar og andre ernæringsforstyrningar hos kulturplanter. Landbruksforlaget

Bernatek, E. R., 2019. Stivelse. I Store norske leksikon. Hentet 28. januar 2020 fra <https://snl.no/stivelse>

Brenne, T., 2017. Maissurfôr kan være både utmerket og dårlig. Norgesfôr AS. Hentet fra <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/6976/>

Eurofins, 2018. Næringsinnhold i grovfôr til drøvtyggere. Hentet fra <https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2848751/naeringsinnhold-i-grovf%C3%B4r-til-droevtyggere.pdf>

Kvam-Andersen, J. E., 2017. Gjødslingsstrategier til mais, Megalab og bladgjødsling. Forelesningsnotat, Yara. Hentet fra <https://viken.nlr.no/media/2901132/gjoedsling-til-mais-jekvam-andersen-yara.pdf>

Kristiansen, T. og Lunnan, T., 2005. Erfaringer fra dyrking av mais som fôrvekst. Grønn kunnskap Nr.9 s 482-485.

NRK P1, 2020. Landbruk.no på øret. Kumøkka kan bli det nye brune gullet. Radiointervju med Knut Vasdal og Eirik Selmer Olsen, TINE. Hentet fra: <https://player.acast.com/landbrukno-paa-oret/episodes/kumkka-kan-bli-det-nye-brune-gullet>

OfotLab, 2019. Analyserapport NorFor.

Seges Landbruk og fødevarer, 2018. Dyrkningsvejledning for majselsæd. Hentet fra [file:///C:/Users/104600juwi/Downloads/pl_dv_18_3876_2439_Majshelsaed%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/104600juwi/Downloads/pl_dv_18_3876_2439_Majshelsaed%20(3).pdf)

Serikstad, G. L., 2018. Forskerbonden i Skien. Hentet fra <https://www.agropub.no/fagartikler/forskerbonden-i-skien>

Sundet, H., 2014. Møkkaentusiast skaper nyvinninger. Økologisk landbruk Nr. 3. s 29-31.

Wiik, J., 2018. Mange reddes av gode fôrmaisavlinger i år. Grønt i fokus 2018. s.24-25

Wiik, J., 2019. Maisavlinger i forsøksfelt i Vestfold fra 2005-2018. Hentet fra <https://viken.nlr.no/fagartikler/maisavlinger-i-forsokfelt-i-vestfold-fra-2005-2018/>



Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK) er ei privat, sjølvstendig stifting. Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK / Gunnars veg 6 / NO-6630 TINGVOLL/
Telefon: +47 930 09 884 / E-post: post@norsok.no / www.norsok.no

Norsk Landbruksrådgiving (NLR) er ein medlemsorganisasjon med til saman 24 000 medlemmer og 330 tilsette fordelt på 10 sjølvstendige regionar og eit sentralledd. NLR fungerer som bindeledd mellom forskinga og landbruksnæringa og tilbyr uavhengig og lokalt forankra rådgiving. NLR dekkjer fagområde som agronomi, plantedyrking, landbruksbygg, maskinteknikk, veksthus, HMS, næringsutvikling, økonomi, økologisk landbruk, klima og miljø.

Norsk Landbruksrådgiving, NLR / Osloveien 1 / NO-1433 ÅS / Telefon: +47 902 03 317 / E-post: nlr@nlr.no.
Norsk Landbruksrådgiving Viken, NLR Viken / Gjennestadtunet 83 / NO-3160 STOKKE /
Telefon: +47 33 36 09 70 / E-post: viken@nlr.no.